

**Marcela Lobo Francisco**

**Uma comparação entre os regimes de taxaço sobre o  
petróleo: concessão e partilha**

**Tese de Doutorado**

Tese apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de Produção da PUC-  
Rio.

Orientador: José Paulo Teixeira

Rio de Janeiro  
Agosto de 2011



**Marcela Lobo Francisco**

## **Uma comparação entre os regimes de taxaço sobre o petróleo: concessão e partilha**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenço do título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduaço em Engenharia de Produço da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof.º José Paulo Teixeira**  
Orientador  
PUC-Rio

**Prof.º José Paulo Teixeira**  
PUC-Rio

**Prof.º Katia Maria Carlos Rocha**  
IPEA, PUC-Rio

**Prof.º Marco Antônio Guimarães Dias**  
Petrobras, PUC-Rio

**Prof.º Lucia Helena Salgado**  
Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada, IPEA

**Prof.º Maria Bernadete Gomes Pereira Sarmiento Gutierrez**  
Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada, IPEA

**Prof.º José Eugenio Leal**  
Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 25 de agosto de 2011

Todos os direitos reservados. É proibida reprodução total ou parcial do trabalho se autorização da universidade, da autora e do orientador.

### **Marcela Lobo Francisco**

Possui graduação em Estatística pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro e em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e é mestre em Engenharia Industrial pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Participou do projeto PUC/Petrobras de análise de investimentos usando a teoria das opções reais da planta GTL e é professora da Universidade Gama Filho.

Ficha Catalográfica

Francisco, Marcela Lobo

Uma comparação entre os regimes de taxaço sobre o petróleo: concessão e partilha / Marcela Lobo Francisco; orientador: José Paulo Teixeira. – 2011.

136 f. : il. (color.) ; 30 cm

Tese (doutorado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2011.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Análise de investimento. 3. Regime de taxaço sobre o petróleo. 4. Processo estocástico. 5. Simulação de Monte Carlo. 6. Movimento de reversão à média. 7. VPL@-Risk. 8. Opções reais. I. Teixeira, José Paulo. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

As minhas irmãs, Daniela e Luciana, e ao meu cunhado Breno, que ao longo de todo o caminho percorrido sempre estiveram ao meu lado.

A minha mãe, mulher de extrema coragem e força, na qual eu me inspiro e procuro seguir os passos, sem a qual eu não teria a força necessária para mais uma vez seguir em frente e me manter de pé.

Ao meu pai, homem de extrema inteligência e capacidade, no qual eu me inspiro e procuro seguir os passos, sem o qual eu não teria a sabedoria necessária para mais uma vez seguir em frente e me manter de pé.

Aos meus pais que nunca desistiram de mim.

## Agradecimentos

Ao professor José Paulo Teixeira, meu orientador no mestrado e doutorado. Que sempre me ajudou no desenvolvimento do meu trabalho.

A professora Katia Rocha pela disponibilidade nos momentos de dúvida, e pela atenção nos momentos de dificuldade.

As professoras Lucia Helena e Maria Bernadete e ao professor Marco Antônio, pela disponibilidade em participar da banca.

A Cláudia que sempre se mostrou solícita nas inúmeras dúvidas acerca dos procedimentos necessários ao longo do curso de Doutorado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Por fim, a Pontifícia Universidade Católica por todo conhecimento transmitido.

**"Ensinar exige segurança, competência profissional e generosidade".**  
**Paulo Freire**

## Resumo

Francisco, Marcela Lobo; Teixeira, José Paulo. **Uma comparação entre os regimes de taxaço sobre o petróleo: concessão e partilha.** Rio de Janeiro, 2011. 136p. Tese de Doutorado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A escolha, por parte dos governos, de qual regime de taxaço adotar sobre o petróleo determina como a renda gerada pela atividade de exploraço e produço deste é dividida entre o Estado e os investidores particulares. Por parte dos Estados é extremamente importante a escolha de um regime que não desestime os investidores particulares, e que por outro lado seja capaz de gerar renda suficiente para impulsionar a sua economia e produzir o bem estar da sua populaço. Este trabalho faz um estudo dos principais regimes de taxaço sobre o petróleo identificando como a renda gerada pelo campo é distribuída entre o governo e os investidores particulares, e calcula a exposiço ao risco dos agentes para ambos os regimes estudados. O objetivo é verificar se estes atendem aos principais requisitos que um regime deve ter para ser considerado eficiente (simplicidade e neutralidade) e se existe uma relaço entre o tipo de regime e as variáveis citadas acima. Os principais regimes de taxaço existentes no mundo são o regime de concessão e o regime de partilha. Foram estudados os regimes vigentes na Austrália, na Noruega, no Brasil e na Indonésia. Os três primeiros países adotam o regime de concessão e o último adota o regime de partilha. Dentre os regimes estudados o da Austrália mostrou ser o mais simples, sendo a remuneraço do governo feita através de duas taxas, e o da Indonésia o mais complexo, onde a remuneraço do governo é feita através de cinco taxas. O Brasil apresenta um regime considerado simples, sendo a receita do governo feita através de três taxas. A distribuço da renda gerada pela atividade de exploraço e produço do petróleo é mais equitativa na Austrália onde os investidores particulares recebem cerca de 16,6% e o governo 88,4%. No Brasil cabe aos investidores particulares 9,16% e ao governo 90,84%. A Noruega e a Indonésia apresentaram regimes de taxaço que penalizam o investidor particular, o campo apresenta um VPL positivo antes do pagamento das taxas e negativo após. O

Brasil e a Austrália apresentaram VPL positivo antes e depois do pagamento das taxas. Através dos resultados encontrados pode-se verificar que não existe uma relação entre o tipo de regime e as seguintes variáveis: equidade na distribuição da renda, neutralidade e exposição ao risco do investidor particular e do governo. Países que adotam o mesmo regime, de concessão, apresentaram características diferentes: Noruega mostrou ser um regime que penaliza o investidor particular e a Austrália um que possui a distribuição de renda mais equitativa. Em relação ao risco o que apresentou um maior risco para o investidor particular foi a Indonésia e o que apresentou menor risco foi a Austrália. O Brasil em ambos os casos ficou em terceiro lugar. Sendo assim, um regime em si não pode ser considerado mais eficiente do que outro. A questão principal é a forma como a taxa é feita dentro de cada regime. O foco da discussão deveria ser como o petróleo vai ser taxado dentro do atual regime (concessão), dado que agora o volume de reservas do país atingiu um nível inédito, e não qual o regime de taxa a adotar.

### **Palavras-chave**

Análise de investimento; regime de taxa sobre o petróleo; processo estocástico; simulação de Monte Carlo; movimento de reversão à média; VPL@-Risk; Opções Reais.

## Abstract

Francisco, Marcela Lobo; Teixeira, José Paulo (Advisor). **Comparison between petroleum taxation: concessionary and contractual systems.** Rio de Janeiro, 2011. 136p. - DSc. Thesis - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Government choice of which taxation regime to adopt on oil determines how the revenue generated by the activity of exploring and producing this oil is shared between the State and private investors. From the point of view of the State, it is extremely important to choose a regime that does not detract private investors and that is also capable of generating enough revenue to bolster the country's economy and promote the well-being of its population. The present work studies the main taxation regimes on oil, identifying how the income generated by this product is distributed between government and private investors. It also calculates the level of risk for agents in both regimes analysed. The aim is to verify if these regimes comply with the main requirements necessary for a regime to be considered efficient – simplicity and neutrality – and if there is a relation between the kind of regime and the variables mentioned above. The main taxation regimes in the world are concession and sharing. The regimes adopted by Australia, Norway, Brazil and Indonesia were studied. The first three countries adopt the concession regime, while the latter adopts the sharing one. The Australian regime – in which government remuneration was obtained by two taxes – was the simplest of all analysed regimes, while that of Indonesia – in which government remuneration was obtained by five taxes – was the most complex. The Brazilian regime is considered to be simple: government revenue is obtained by means of three taxes. The distribution of the revenue generated by oil exploration and production is more balanced in Australia, where private investors receive around 16.6% and the government around 88.4%. In Brazil private investors gain 9.16% and the government 90.84%. The regimes in Norway and Indonesia penalize the private investor; the field presents a positive net current value prior to taxes and negative after taxes. Brazil and Australia displayed positive net current value prior to and after taxes levied. The findings suggest that



there is no relation between the kind of regime and the following variables: equity in income distribution, neutrality, and investor and government risk. Countries that adopt the same regime – concession – presented different characteristics. The regime adopted by Norway penalized the private investor, while that of Australia distributed revenues more equitably. As regards risk, the regime with greatest risks for private investors was the Indonesian, while the one with least risks was the Australian. Brazil ranked third in both categories. Thus, a regime cannot be considered more efficient than another. The main issue is how taxes are levied within each regime. Given that the Brazilian oil reserve has reached unprecedented levels, discussion should focus on how oil will be taxed in the present regime (concession), rather than on the taxation regime adopted.

## **Keywords**

Investment analysis; petroleum taxation; stochastic processes; Monte Carlo simulation; mean reversion model; VPL@Risk; Real Option.

## Sumário

1 Introdução	16
2 Revisão Bibliográfica	20
3 Estado da arte	24
4 Origem do petróleo no Brasil	26
4.1. O pré-sal brasileiro	32
5 Regimes de taxação do petróleo	40
5.1. Características de um regime de taxação	41
5.2. Regimes de taxação	44
5.2.1. Regime de concessão	44
5.2.2. Bônus de assinatura	47
5.2.3. Royalties	48
5.2.4. Participação especial	49
5.2.5. Pagamento pela ocupação ou retenção da área	50
5.3. Partilha da produção	51
6 Processos Estocásticos	54
6.1. Principais Processos Estocásticos	55
6.1.1. Processo de Markov	55
6.1.2. Random Walk	56
6.1.3. Processo Autoregressivo de Primeira Ordem (AR 1)	57
6.1.4. Processo de Wiener	58
6.1.5. Movimento Browniano com Drift ou Movimento de Wiener generalizado (Movimento Aritmético Browniano)	59
6.1.6. Movimento Browniano Generalizado - o Processo de Ito	59
6.1.7. Movimento Geométrico Browniano (MGB)	60
6.1.8. Processo de Reversão à Média	63
6.2. Simulação de Monte Carlo do preço do petróleo	65
7 Análise de risco	72
7.1. Técnicas de análise de investimento	73

7.1.1. Valor Presente Líquido (VPL)	73
7.1.2. Taxa Interna de Retorno	74
7.1.3. <i>Payback</i> descontado	75
7.2. Características do modelo	76
7.3. Austrália	78
7.4. Noruega	79
7.5. Indonésia	81
7.6. Fluxo de Caixa no regime de Concessão	83
7.6.1. Fluxo de caixa no regime fiscal da Austrália	84
7.6.2. Fluxo de caixa no regime fiscal da Noruega	86
7.6.3. Fluxo de caixa no regime fiscal do Brasil	89
7.7. Fluxo de caixa no regime de Partilha	92
7.7.1. Fluxo de caixa no regime da Indonésia	93
7.8. Remuneração do governo X dos agentes particulares	101
7.9. Risco X Retorno	104
7.10. Novas regras de taxação para: Noruega, Brasil, Indonésia	113
8 Análise utilizando a teoria das opções reais	117
8.1. As Opções Reais e o Valor da Flexibilidade Gerencial	119
8.2. Opção de adiar o investimento	120
9 Conclusão	126
10 Referências Bibliográficas	130
Apêndice A Tabelas para o cálculo da PE	134
Apêndice B Análise do preço	136

## Lista de figuras

<b>Figura 4.1:</b> Plataforma elevatória P-1	27
<b>Figura 4.2:</b> Roncador: exploração de petróleo em alto mar, 2000	28
<b>Figura 4.3:</b> Gráfico da razão RP / P	32
<b>Figura 4.4:</b> Pré-Sal no Brasil	33
<b>Figura 4.5:</b> Área do Pré-Sal	34
<b>Figura 4.6:</b> Previsão de barris de petróleo nos campos do Pré-Sal	35
<b>Figura 4.7:</b> Descoberta de novos campos do Pré-Sal	35
<b>Figura 4.8:</b> Evolução da exploração de petróleo pela Petrobras	35
<b>Figura 4.9:</b> Desafios da exploração do pré-sal	36
<b>Figura 4.10:</b> Evolução dos gastos com extração	38
<b>Figura 5.1:</b> Gráfico do valor do bônus de assinatura por rodada de licitação	48
<b>Figura 5.2:</b> Gráfico do valor dos <i>royalties</i> de 1998/2009	49
<b>Figura 5.3:</b> Gráfico do valor das participações especiais de 1998/2009	50
<b>Figura 6.1:</b> Gráfico da variância no Movimento Geométrico Browniano	63
<b>Figura 6.2:</b> Gráfico da variância no Movimento de Reversão a Média	65
<b>Figura 6.3:</b> Ilustração da SMC	66
<b>Figura 6.4:</b> Preço do Brent (U\$/bbl) _ 1982/2009	68
<b>Figura 6.5:</b> Série real e nominal do Brent _ 1982/2009	69
<b>Figura 7.1:</b> Regra de decisão do VPL	75
<b>Figura 7.2:</b> The Ekofisk field_Noruega	80
<b>Figura 7.3:</b> Reservas de petróleo_Indonésia	82
<b>Figura 7.4:</b> VPL Austrália_4,0_U\$ 54,36	85
<b>Figura 7.5:</b> VPL Austrália_4,0_U\$ 95,00	85
<b>Figura 7.6:</b> VPL Austrália_1,0_U\$ 54,36	85
<b>Figura 7.7:</b> VPL Austrália_1,0_U\$ 95,00	86
<b>Figura 7.8:</b> VPL Noruega_4,0_U\$ 54,36	87
<b>Figura 7.9:</b> VPL Noruega_4,0_U\$ 95,00	88
<b>Figura 7.10:</b> VPL Noruega_1,0_U\$ 54,36	88
<b>Figura 7.11:</b> VPL Noruega_1,0_U\$ 95,00	89
<b>Figura 7.12:</b> VPL Brasil_4,0_U\$ 54,36	90

<b>Figura 7.13:</b> VPL Brasil_4,0_U\$ 95,00	91
<b>Figura 7.14:</b> VPL Brasil_1,0_U\$ 54,36	91
<b>Figura 7.15:</b> VPL Brasil_1,0_U\$ 95,00	92
<b>Figura 7.16:</b> VPL Indonésia_4,0_U\$ 54,36	94
<b>Figura 7.17:</b> VPL Indonésia_1,0_U\$ 54,36	95
<b>Figura 7.18:</b> VPL Indonésia_1,0_U\$ 95,00	95
<b>Figura 7.19:</b> VPL Indonésia_4,0_U\$ 95,00	96
<b>Figura 7.20:</b> Austrália_VPL X RTG_4,0_U\$ 95,00	108
<b>Figura 7.21:</b> Indonésia_VPL X RTG_4,0_U\$ 95,00	108
<b>Figura 8.1:</b> Quando a flexibilidade gerencial é valiosa	120
<b>Figura 8.2:</b> VP_Fx_Cx – Brasil, Indonésia_U\$ 55,00	121
<b>Figura 8.3:</b> <i>Payoff</i> da opção_Brasil - U\$ 55,00	123
<b>Figura 8.4:</b> VP_Fx_Cx – Brasil, Indonésia_U\$ 90,00	124
<b>Figura 8.5:</b> <i>Payoff</i> da opção_Brasil, Indonésia - U\$ 80,00	125

## Lista de tabelas

<b>Tabela 4.1:</b> Volume de produção de petróleo (bbl/dia) por país	29
<b>Tabela 4.2:</b> Volume de reservas de petróleo provadas por país	30
<b>Tabela 4.3:</b> Produção de petróleo no país (2000/2009)	31
<b>Tabela 4.4:</b> Produção de petróleo no país (2000/2009)	31
<b>Tabela 4.5:</b> Produção X Custo de extração.	38
<b>Tabela 5.1:</b> Cálculo da alíquota da Participação Especial (1º ano de produção)	49
<b>Tabela 5.2:</b> Vantagens e desvantagens dos regimes de taxaço do petróleo	53
<b>Tabela 6.1:</b> Parâmetros dos processos estocásticos (Série Brent: 1982/2009)	69
<b>Tabela 6.2:</b> Parâmetros dos processos estocásticos (Série Brent: 1900/2009)	70
<b>Tabela 6.3:</b> Valores de negociação do Brent no mercado Futuro na NYMEX	71
<b>Tabela 6.4:</b> Valores de negociação do Brent no mercado Futuro na ICE	71
<b>Tabela 7.1:</b> Características do modelo	76
<b>Tabela 7.2:</b> Convergência dos VPLs - média de longo prazo de U\$ 54,36/bbl	77
<b>Tabela 7.3:</b> Convergência dos VPLs - média de longo prazo de U\$ 95,00/bbl	77
<b>Tabela 7.4:</b> Sistemas de Concessão	81
<b>Tabela 7.5:</b> VPL_Austrália	86
<b>Tabela 7.6:</b> VPL_Noruega	89
<b>Tabela 7.7:</b> VPL_Brasil	92
<b>Tabela 7.8:</b> VPL_Indonésia	96
<b>Tabela 7.9:</b> VPLs_U\$54,36/bbl	97
<b>Tabela 7.10:</b> VPLs_U\$95,00/bbl	98
<b>Tabela 7.11:</b> <i>Break even point</i> investimento_4,0_U\$ 56,34	99
<b>Tabela 7.12:</b> <i>Break even point</i> investimento_1,0_U\$ 95,00	100
<b>Tabela 7.13:</b> <i>Break even point</i> investimento_4,0_U\$ 95,00	100
<b>Tabela 7.14:</b> Remuneração do governo	101
<b>Tabela 7.15:</b> Remuneração do governo na Austrália	102
<b>Tabela 7.16:</b> Remuneração do governo na Noruega	102
<b>Tabela 7.17:</b> Remuneração do governo no Brasil	103
<b>Tabela 7.18:</b> Remuneração do governo na Indonésia	103
<b>Tabela 7.19:</b> VPL @Risk_4,0_U\$95,00	105

<b>Tabela 7.20:</b> Coeficiente de variação x (VPL @Risk/Média)_4,0_U\$95,00	105
<b>Tabela 7.21:</b> RTG @_Risk_4,0	106
<b>Tabela 7.22:</b> Coeficiente de variação x (RTG @Risk/Média)_4,0_U\$95,00	107
<b>Tabela 7.23:</b> Exposição ao risco	107
<b>Tabela 7.24:</b> Participação da remuneração do governo_1,0 _U\$95,00/bbl	109
<b>Tabela 7.25:</b> Participação da remuneração do governo_4,0 _U\$95,00/bbl	110
<b>Tabela 7.26:</b> VPL sem e com taxas_1,0 _U\$95,00/bbl	110
<b>Tabela 7.27:</b> VPL sem e com taxas_4,0 _U\$95,00/bbl	111
<b>Tabela 7.28:</b> VPL nova taxaço_4,0 _U\$95,00/bbl	114
<b>Tabela 7.29:</b> CV x (VPL @Risk/Média)_Novas regras_4,0_U\$95,00	115
<b>Tabela 7.30:</b> RTG nova taxaço_4,0 _U\$95,00/bbl	115
<b>Tabela 7.31:</b> CV x (RTG @Risk/Média)_Novas regras_4,0_U\$95,00	115
<b>Tabela 7.32:</b> Distribuição da renda_Novas regras_4,0_U\$95,00	116
<b>Tabela 8.1:</b> Opção Real x Opção Financeira	118
<b>Tabela A.1:</b> Pagamento da PE no segundo ano de produção	134
<b>Tabela A.2:</b> Pagamento da PE no terceiro ano de produção	134
<b>Tabela A.3:</b> Pagamento da PE após o terceiro ano de produção	135
<b>Tabela B.1:</b> Análise do preço	136